



## **Solution de Filtrage Triplaque en Bande Ku, sur la Base d'une Topologie hybride, Hairpin-DBR**

Alexandre Manchec, Yann Clavet, Cédric Quendo, Eric Rius, Jean-François Favennec, Hervé Simon, Rémi Ségalen, Françoise Mahé

### **► To cite this version:**

Alexandre Manchec, Yann Clavet, Cédric Quendo, Eric Rius, Jean-François Favennec, et al.. Solution de Filtrage Triplaque en Bande Ku, sur la Base d'une Topologie hybride, Hairpin-DBR. 16èmes Journées Nationales Microondes, May 2009, Grenoble, France. pp.6B-2. hal-00491904

**HAL Id: hal-00491904**

**<https://hal.science/hal-00491904>**

Submitted on 14 Jun 2010

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## Solution de Filtrage Triplaque en Bande Ku, sur la Base d'une Topologie hybride, Hairpin-DBR

Alexandre Manchec<sup>1</sup>, Yann Clavel<sup>1</sup>, Cédric Quendo<sup>2,3</sup>, Eric Rius<sup>2,3</sup>, Jean-Francois Favennec<sup>2,3</sup>, Hervé Simon<sup>4</sup>, Rémi Ségalen<sup>4</sup>, Françoise Mahé<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Elliptika, 6 avenue Victor Le Gorgeu, CS 93837 – 29238 Brest Cedex 3 – France

<sup>2</sup> Université Européenne de Bretagne, France.

<sup>3</sup> Université de Brest ; CNRS, UMR 3192 Lab-STICC, ISSTB, 6 avenue Victor Le Gorgeu, CS 93837, 29238 Brest cedex 3, France

<sup>4</sup>Thales Systèmes Aéroportés (TSA), 10 Avenue 1ere DFL CS 93801 – 29238 Brest Cedex 3 – France  
Alexandre.manchec@elliptika.com

### Résumé

Ce papier présente un exemple de filtre planaire basé sur une topologie non conventionnelle associant des résonateurs hairpin et DBR. Ce concept a été choisi pour répondre à une spécification particulière en bande Ku. Nous montrons de quelle manière la topologie retenue permet de répondre efficacement au problème posé, au travers d'une conception et d'une réalisation en technologie triplaque. S'agissant d'un besoin industriel, nous effectuons ensuite une analyse de sensibilité intégrant l'ensemble des dispersions technologiques : l'objectif visé est toujours atteint.

### 1. Introduction

Quels que soient les domaines, qu'il s'agisse d'une application télécom ou d'une application radar, la qualité d'un équipement hyperfréquence est bien souvent dépendant des performances des filtres qui l'équipent. L'objectif de ce papier est de montrer l'efficacité et l'intérêt de topologies de filtrage planaire originales et innovantes face à un cahier des charges non conventionnel présentant des contraintes très fortes en terme de réjection, de pertes, d'atténuation des remontées parasites sur une très large bande de fréquence, de coût, d'encombrement et d'immunité aux dispersions technologiques.

Il existe de nombreuses solutions de filtrage en particulier dans le domaine des technologies planaires sur la base d'éléments distribués. Si on se limite aux réponses passe-bande, on peut citer les topologies à lignes couplées, combine, interdigitées, hairpin ; les topologies à stubs, en circuit ouvert ou en court circuit, DBR ; les topologies à gaps .... Certaines topologies permettent de produire des réponses elliptiques, présentant des zéros de transmission, et/ou à TPG maîtrisé. Cependant, l'abondance de solutions ne permet pas, malgré tout, de faire face à tous les problèmes, car bien entendu chaque topologie à une spécificité propre et la topologie universelle n'est pas de ce monde.

Nous proposons dans ce papier de montrer qu'au travers d'un exemple spécifique de besoin industriel, il est possible, en les combinant, de tirer profit des avantages de topologies particulières.

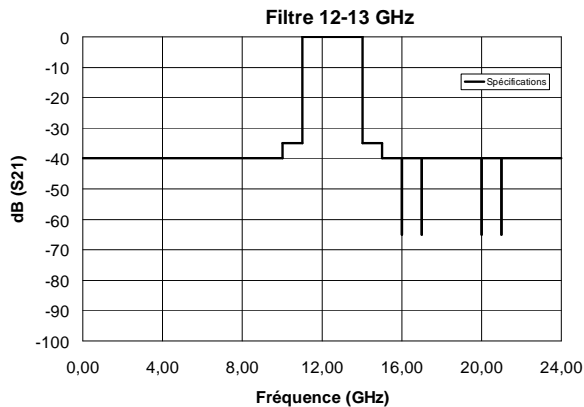
Nous proposons ici de regarder une topologie de filtre intégrant des résonateurs DBR [1] et Hairpin [2], ainsi que des cellules passe-bas aux accès [3-8]. L'association de ces résonateurs a pour but d'atténuer fortement les remontées parasites dans les bandes atténuées de part et d'autre de la bande passante tout en conservant des forts niveaux de réjections au voisinage de celle-ci. Cette solution a été choisie pour répondre efficacement aux spécifications que nous présentons dans la partie 2.

### 2. Spécifications

Les caractéristiques du filtre de bande passante 12-13 GHz, présentées à la Figure 1 sont très strictes. Les spécifications requises sur l'amplitude sont les suivantes : pertes d'insertion < 5 dB, platitude < 0,5 dB, réjections à 11 GHz et 14 GHz > 35 dB. Toutes ces spécifications sont résumées Tableau 1. On notera en outre de fortes contraintes sur la bande atténuée allant du DC jusqu'à 24 GHz.

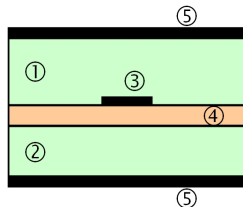
	Spécifications
Pertes d'insertions (dB)	< 10
Platitude (dB)	< 0.5
Atténuation (dB) 0-10 GHz	> 40
Atténuation (dB) 10-11 GHz	> 35
Atténuation (dB) 14-15 GHz	> 35
Atténuation (dB) 15-24 GHz	> 40
Atténuation (dB) 16 GHz	> 65
Atténuation (dB) 17 GHz	> 65
Atténuation (dB) 20 GHz	> 65
Atténuation (dB) 21 GHz	> 65

Tableau 1. Spécifications électriques.



**Figure 1. Spécifications du filtre 12-13 GHz**

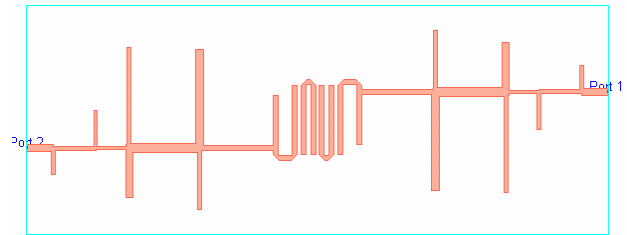
Outre les spécifications électriques, la technologie est imposée. Le filtre que nous proposons doit être réalisé sur substrat triplaque (Figure 2). L'épaisseur du substrat est d'environ 500  $\mu\text{m}$  et sa permittivité relative de l'ordre de 4 ; à noter la couche de prepreg (couche de colle④) d'une épaisseur d'environ 100  $\mu\text{m}$ .



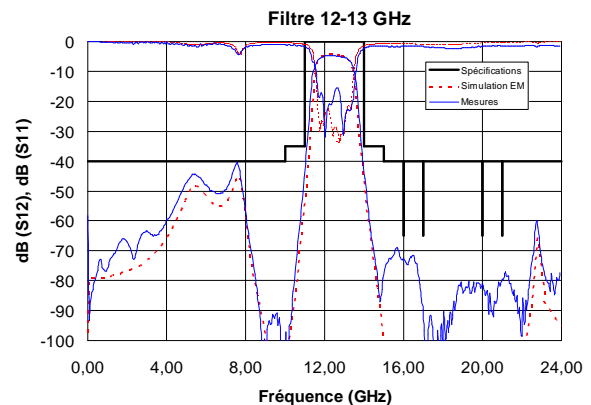
**Figure 2. technologie triplaque utilisée**

### 3. Filtre DBR-Hairpin d'ordre 8

Le filtre DBR-Hairpin d'ordre 8 présenté Figure 3, associe quatre résonateurs DBR et quatre résonateurs Hairpin, ainsi que des filtres passe-bas aux accès. L'encombrement du filtre est de  $26,00 \times 7,30 \text{ mm}^2$ . Il sera simulé avec Momentum (Agilent<sup>TM</sup>). Un simulateur de ce type est suffisant. Il n'est pas nécessaire de faire appel à des outils 3 D qui n'apporteront pas beaucoup plus de précision et qui sont surtout très gourmands en temps de calcul. Travailler avec des outils de simulation rapide est une réelle nécessité, dès qu'il s'agit de faire de l'optimisation. La figure 4 présente la comparaison entre la simulation électromagnétique (EM) et la mesure.. Elle montre un bon accord malgré un décalage en fréquence dû à des dispersions technologiques. De plus la figure 4 confirme une forte atténuation de plus de 40 dB des remontées parasites en basses fréquences et de plus de 60 dB en hautes fréquences. L'objectif recherché au niveau de la suppression des remontées parasites est donc atteint, tout en conservant des fortes réjections au voisinage de la bande passante. Le tableau 2 résume ces performances électriques atteintes en simulation électromagnétique et en mesure.



**Figure 3. Masque du filtre DBR-Hairpin d'ordre 8**



**Figure 4. Simulation électromagnétique et mesure**

### 4. Analyse de sensibilité

L'analyse de sensibilité est une étape très importante dans l'étude et le choix de la topologie de filtre. En effet, dans le cadre d'une production à grande échelle il est nécessaire que le filtre valide entièrement les spécifications, et ceci quelles que soient les dispersions technologiques. Le choix de la topologie a été aussi spécifiquement fait pour éliminer les vias, dont la tolérance sur leur position est trop importante.

La figure 5 présente la comparaison entre la simulation électromagnétique (EM) et la simulation circuit. Cette comparaison, nous permet de valider les modèles utilisés en simulation circuit, en effet il y a très peu de différence entre la simulation circuit et la simulation électromagnétique. Elle nous permet aussi de réaliser une première étude de sensibilité sur la variation des paramètres technologiques (hauteur des différentes couches de substrat, permittivité, précision de gravure), afin d'identifier les cas les plus critiques au niveau de la réponse électrique du filtre (Figure 6). A partir de cette étude en circuit, nous avons donc réalisé l'analyse en sensibilité du filtre à partir de simulations électromagnétiques, en utilisant les paramètres technologiques les plus critiques sur la réponse du filtre. Ces résultats sont présentés Figure 7 et comparés aux spécifications et à la réponse EM nominale. Les spécifications sont toujours atteintes, même dans les cas les plus critiques. Bien entendu les exigences de celles-ci, bien que strictes, sont suffisamment raisonnables pour que l'objectif final soit atteint.

	Simulations électromagnétiques	Mesures	Spécifications
Pertes d'insertions (dB)	4.26	4.635	< 10
Platitude (dB)	0.75	0.65	< 0.5
Atténuation (dB) 0-10 GHz	> 45.09	> 40.48	> 40
Atténuation (dB) 10-11 GHz	> 50.89	> 45.68	> 35
Atténuation (dB) 14-15 GHz	> 48.63	> 41.92	> 35
Atténuation (dB) 15-24 GHz	> 65.69	> 72.58	> 40
Atténuation (dB) 16 GHz	114.91	72.58	> 65
Atténuation (dB) 17 GHz	113.69	89.66	> 65
Atténuation (dB) 20 GHz	102.45	80.87	> 65
Atténuation (dB) 21 GHz	124.43	79.28	> 65

Tableau 2. Résumé des performances électriques.

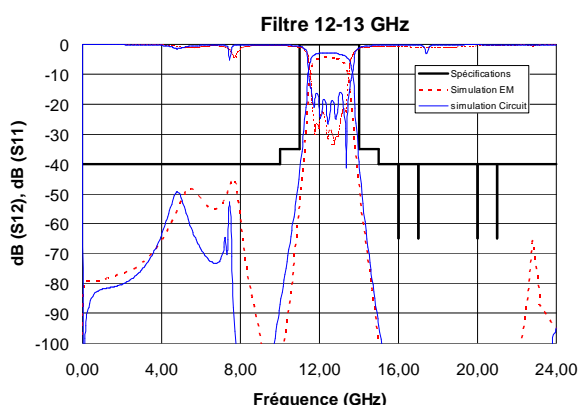


Figure 5. Simulations circuit et électromagnétique

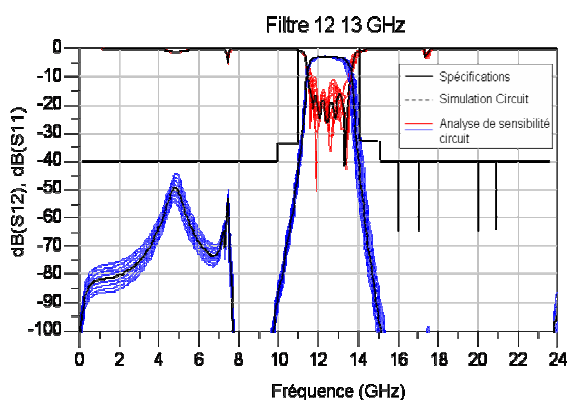


Figure 6. Analyse de sensibilité circuit.

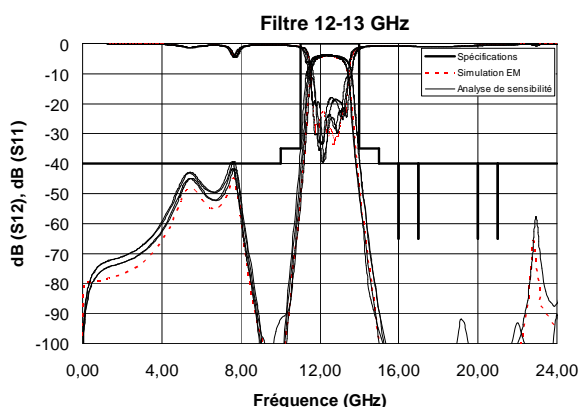


Figure 7. Analyse de sensibilité électromagnétique

## 5. Conclusion

Ce papier propose une solution de filtrage originale devant répondre à une spécification particulière en bande Ku. La solution proposée, basée sur la combinaison de plusieurs résonateurs (des résonateurs DBR et hairpin), et l'intégration de fonctions passe-bas permet de satisfaire le besoin. Une solution classique n'aurait pas permis d'atteindre ce niveau de performance.

## 6. Bibliographie

- [1] C. Quendo, E. Rius, C. Person, "Narrow bandpass filters using dual behavior resonators (DBRs) based on stepped impedance stubs and different-length stubs," IEEE Trans. Microwave Theory & Tech, vol. 52, n°3, March 2004.
- [2] E.G. Cristal, S. Frankel, "design of hairpin-line and hybrid hairpin-parallel coupled-line," microwave Symposium Digest, GMIT international, volume 71, issu1, may 1971, pages 12-13.
- [3] A. Manchec, C. Quendo, E. Rius, C. Person, and J. F. Favennec, "Synthesis of Dual Behavior Resonator (DBR) Filters with integrated low-pass structures for spurious responses Suppression," IEEE Microwave Wireless Component Letter, vol. 16, n°1, pp. 4-6, Janvier 2006.
- [4] A. Manchec, C. Quendo, J. F. Favennec, E. Rius, and C. Person, "Synthesis of Capacitive-Coupled Dual Behavior Resonator (CCDBR) Filters," IEEE Trans. Microwave Theory & Tech, , vol. 54, n°6, pp. 2346-2355, Juin 2006
- [5] C.S. Ahn, Y. J. Sung, Y. S. Kim, "Miniaturization and Spurious Suppression of Dual-Behavior Resonator Bandpass Filter Using Compact Microstrip Resonant Cell," Asia Pacific Microwave Conference, December 2004, New Delhi.
- [6] C. Quendo, C. Person, E. Rius, M. Ney, "Integration of Optimized Low-Pass Filters in a Bandpass Filter for Out-of-Band Improvement," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. 49, n°12, pp. 2376-2383, December 2001.

- [7] S.-M. Wang, C.-H. Chi, M.-Y. Hsieh and C.-Y. Chang, "Miniaturized Spurious Passband suppression Microstrip Filter using Meandered Parallel Coupled lines," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. 53, n°2, pp. 747-753, February 2005.
- [8] P. Cheong, S -W Fok, K -W Tam "Miniaturized Parallel Coupled-Line Bandpass Filter with Spurious-Response suppression," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. 53, n° 5, pp 1810-1816, May 2005.